

Art waren zu vermeiden, so daß *Bodensteinsche* Glasventile und Glas-Quarz-Verbindungsstücke Verwendung fanden. Hütet man sich davor, die Säure einzufrieren und wieder aufzutauen, was zu schweren Explosionen führt, und bewahrt man sie vor

Erschütterungen, so kann man mit ihr umgehen, jedoch warnte Votr. davor, da die reine flüssige Säure mehrmals ohne ersichtlichen Grund explodierte und erheblichen Schaden anrichtete.

**Colloquium des Kaiser Wilhelm-Instituts für medizinische Forschung.**

Heidelberg, den 16. Dezember 1935.

Vorsitz: R. Kuhn.

O. Meyerhof, K. Lohmann und W. Kießling: „Über Umesterungsreaktionen und ein neues Schema des enzymatischen Kohlenhydratzerfalls.“

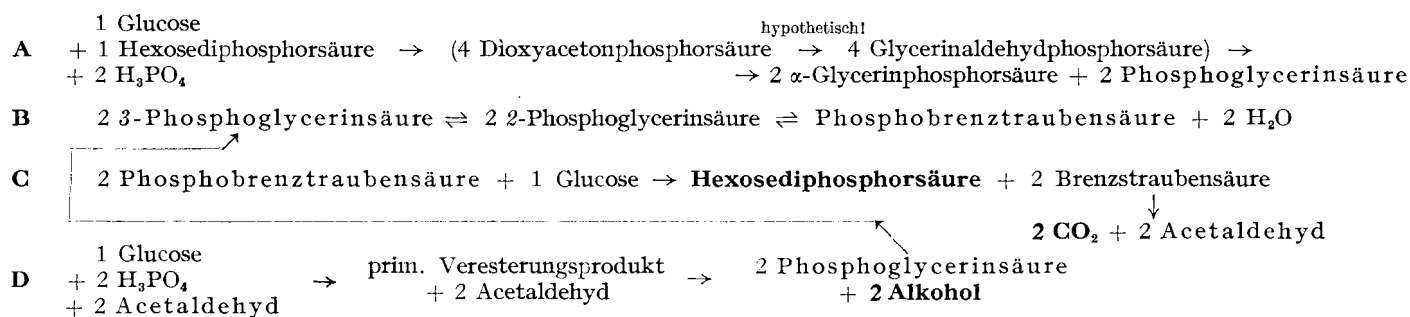
Das im Jahre 1933 vom Votr. aufgestellte Schema<sup>1)</sup> hatte, wie auch damals schon hervorgehoben wurde, besonders im Hinblick auf die Geschwindigkeit der Einzelreaktionen noch nicht befriedigt. Bei der Fortsetzung der Versuche wurde gefunden, daß die „langsame“ Reaktion:

$$\text{Phosphobrenztraubensäure} \rightarrow \text{Brenztraubensäure} + \text{H}_3\text{PO}_4 \quad (1)$$

etwa 10fach an Geschwindigkeit zunimmt und damit die Gärgeschwindigkeit erreicht, wenn man Glucose zusetzt. Es zeigte sich, daß die Dephosphorylierung der Phosphobrenztraubensäure mit einer Phosphorylierung von Glucose gekuppelt wird nach der Gleichung:

$$2 \text{ Phosphobrenztraubensäure} + 1 \text{ Glucose} \rightarrow 2 \text{ Brenztraubensäure} + 1 \text{ Hexosediphosphorsäure} \quad (2)$$

Diese Gleichung stellt aber nur eine Bilanzgleichung dar, alle im Verlaufe des enzymatischen Kohlenhydrat-Abbaus vorkommenden Phosphorylierungen und Dephosphorylierungen verlaufen über das System Adenylsäure — Adenosin- und Adenosintriphosphorsäure<sup>2)</sup>. Der primäre Grund für die langsame Dephosphorylierung der Phosphobrenztraubensäure ist also das Fehlen des Phosphorsäure-Akzeptors Adenylsäure die aus ihren höher phosphorylierten Stufen in ausreichendem Maße erst bei Glucosezusatz eben durch die Bildung von Hexosediphosphorsäure entsteht. Das vervollständigte Schema des Kohlenhydrat-Abbaus im Verlauf der alkoholischen Gärung sieht also folgendermaßen aus (unter Fortlassung der Adenylsäure-Reaktionen):

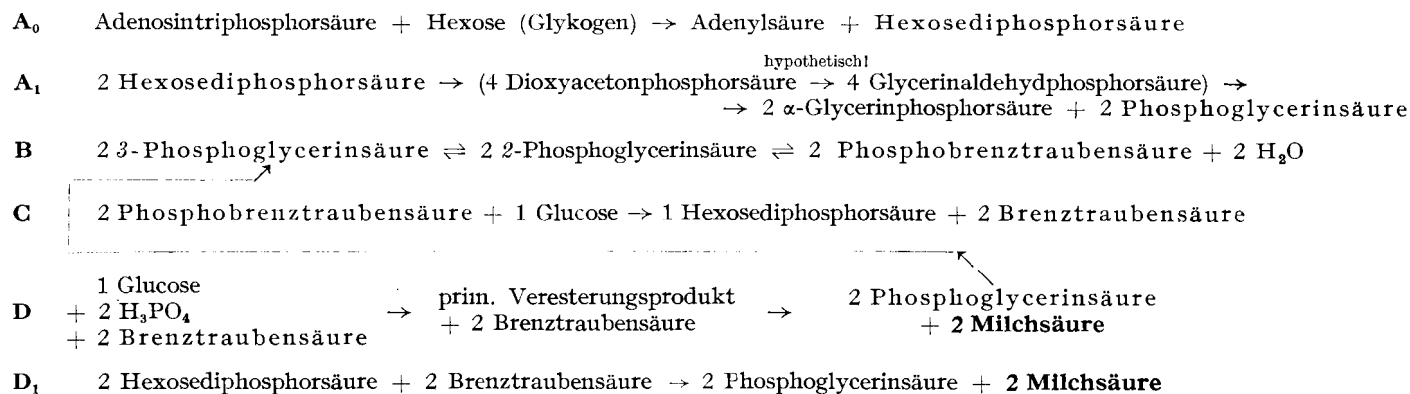


Reaktion D bedarf zum Ablauf der Gegenwart von etwas Hexosediphosphorsäure als Katalysator. A—C stellen die Angärung, B—D den stationären Zustand dar. In der Bilanz entstehen aus 2 Glucose und 2  $\text{H}_3\text{PO}_4$  2  $\text{CO}_2$ , 2 Alkohol und 1 Hexosediphosphorsäure, d. h. die *Harden-Youngsche* Beziehung<sup>3)</sup> ist ebenfalls erfüllt. Dabei ist zu beachten, daß es sich um den Reaktionsverlauf in zellfreien Fermentlösungen handelt; in der Zelle wird die nach C anfallende stabile Hexosediphosphorsäure vermutlich als „primäres Veresterungsprodukt“ nach D weiterreagieren.

Ersetzt man in Gleichung (2) die Glucose durch andere gärfähige Zucker, so entspricht die resultierende Geschwindigkeit durchaus der Gärgeschwindigkeit der einzelnen Kohlenhydrate: Mannose gibt fast die gleiche Steigerung wie Glucose,

Glykogen weniger als die Hälfte hiervon und Galactose nur eine ganz geringfügige Steigerung. Man erkennt daraus, daß die Phosphorylierung der Kohlenhydrate der geschwindigkeitsbestimmende Faktor der Gärung ist.

In Versuchen mit Fermentlösungen aus Muskelsubstanz konnte nachgewiesen werden, daß der glykolytische Abbau sich grundsätzlich nach dem gleichen Schema abspielt wie in der alkoholischen Gärung. Die Rolle des Acetaldehyds übernimmt hier die Brenztraubensäure. So besteht auch in der Glykolyse die *Harden-Youngs*che Beziehung, d. h. Brenztraubensäure entsteht aus Phosphobrenztraubensäure mit entsprechender Geschwindigkeit nur in Gegenwart von Glucose. Der Reaktionsverlauf der Glykolyse wird also durch folgendes ergänztes Schema<sup>1)</sup> dargestellt:



Im Gegensatz zur alkoholischen Gärung ist hier die — wenn auch vergleichsweise recht langsame — Reaktion nach  $D_1$  möglich. Im übrigen erfolgen auch hier Phosphorsäureanlagerung und -abspaltung stets (und nicht nur wie in Gleichung  $A_0$  ausgeführt) über das Adenylsäuresystem.

Zum Schluß wies Vortr. darauf hin, daß die „Co-Zymase“ von *v. Euler* von der Adenosintriphosphorsäure

verschieden ist. Nach *v. Euler* enthält die „Co-Zymase“ Nicotinsäureamid, das zuerst von *O. Warburg* als Bestandteil eines an der Atmung beteiligten Co-Fermentes in Zellextrakten erkannt worden ist. Ob aus dem Gehalt an Nicotinsäureamid in der „Co-Zymase“ auf die Mitwirkung bei oxydo-reduktiven Prozessen geschlossen werden kann, ist noch ungewiß.

<sup>1)</sup> Vgl. diese Ztschr. **47**, 153, 472 [1934] und **48**, 83 [1935].

<sup>2)</sup> Vgl. ebenda 48, 165 [1935].

<sup>3)</sup> Vgl. z. B. ebenda 47, 14 [1934.]